桔小实蝇传入风险的模糊综合评估

张润杰，侯柏华

（中山大学生物防治国家重点实验室/昆虫学研究所，广州　510275）

摘要：根据国际有害生物风险评估方案，本文提出了桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)随进口水果传入风险评估的参数指标体系，包括一级评估指标 5 个：进口水果种类，进口水果数量，进口水果的虫害率，运输途中害虫存活率，检疫管理的有效性；二级评估指标 9 个：原产地桔小实蝇的防治情况，水果装运前的处理情况，桔小实蝇对水果的嗜好性，水果运输期，运输条件，运输途中极端限制因子的出现情况，检疫抽样百分比，检出率，检疫措施的处理效果等。采用权重分析法确定各个指标的权重，在此基础上，应用模糊决策的基本理论和方法，建立桔小实蝇传入风险的模糊综合评估模型。模拟评估结果认为，进口水果装运前的杀虫处理和水果到岸时的检疫处理对风险值的影响很大，进口水果的数量以及运输途中是否出现极端限制因子也对风险值有明显影响。

关键词：桔小实蝇；生物入侵；传入风险；模糊决策；评估

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2005)02-0221-06

Assessment on the introduction risk of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) through imported fruits with fuzzy mathematics

ZHANG Run-Jie, HOU Bo-Hua (State Key Laboratory for Biocontrol and Institute of Entomology, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The introduction risk of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) through imported fruits was assessed using fuzzy mathematics. An assessing parameter set was established, which included 5 primary parameters (species of imported fruits, volume of imported fruits, injury rate of imported fruits, survival of *B. dorsalis* during the shipping, and efficacy of quarantine) and 9 secondary parameters (occurrence degree in the production area, control efficacy in production area, disinfestations before shipping, shipping period, condition of shipping, limiting factor occurrence during shipping, percentage of sampling, injury rate of checked samples, and effects of quarantine treatment). The weight for each parameter was calculated through weight-analyzing method, and a fuzzy decision model was developed to determine the introduction risk of *B. dorsalis*. Simulation results show that disinfestation treatment before export and quarantine inspection to imported fruits arrived at port are very important to reduce risk. The volume of imported fruits and the limiting factor occurrence during shipping also contribute significantly to the value of introduction risk.

Key words: *Bactrocera dorsalis*; biological invasion; introduction risk; fuzzy decision; assessment

1　前言

传入是生物入侵的第一步，而通过进口商品传入是其中最主要的途径。为了防止生物入侵但又不会牺牲国际贸易的透明度，需要对检疫害虫进行传入风险的评估。国际上曾为有害生物的风险评估制定指南(EPPO, 1977)，我国学者也提出评估指标体系及其方法(蒋青等，1994；范京安和赵学谦，1997)，但较少涉及具体单个的检疫对象。日本学者曾用概率模型评估单个检疫对象随进口商品传入的概率(Yamamura and Katsumata, 1999；Yamamura *et al*., 2001)，但所涉及的数学方法比较复杂。本文以桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)为研究对象，参照国际有害生物风险评估方案，提出传入风险评估的参数指标体系，采用权重分析法确定各个指标的权重，并建立桔小实蝇传入风险的模糊综合评估模型评估该虫随进口水果传入我国的风险。

基金项目：国家重点基础研究发展规划'973'项目(2002CB111405)；国家自然科学基金项目(30471162)

作者简介：张润杰，男，1949 年生，博士，教授，博士生导师，研究方向为昆虫生态学，E-mail：LS11@zsu.edu.cn

收稿日期 Received：2004-08-20；接受日期 Accepted：2004-12-21

2 评估方法

2.1 评估指标体系

按照外来有害生物风险评估的程序、原则及指标要求，本文提出害虫传入风险评估的指标体系，包括一级评估指标 5 个，二级评估指标 9 个(表 1)。

2.2 评估指标等级划分

评价分为 5 个等级：V = {无风险，低风险，中等风险，高风险，极高风险} = {v_1, v_2, v_3, v_4, v_5}，其隶属度分别为 $v_1 = 0$，$0 < v_2 < 0.25$，$0.25 \leqslant v_3 < 0.5$，$0.5 \leqslant v_4 < 0.75$ 和 $0.75 \leqslant v_5 \leqslant 1$。桔小实蝇传入风险评估参数等级划分如表 2。

表 1 桔小实蝇随进口水果传入风险评估指标体系

Table 1 A scheme of assessing parameters for introduction risk of *Bactrocera dorsalis* through imported fruits

一级指标 Primary parameters	二级指标 Secondary parameters
1 进口水果种类	
2 进口水果数量	
3 进口水果的虫害率	(1) 原产地桔小实蝇的发生程度
	(2) 原产地桔小实蝇的防治情况
	(3) 水果装运前的处理情况
4 运输途中桔小实蝇存活率	(1) 水果运输期
	(2) 水果运输条件
	(3) 水果运输途中极端限制因子的出现情况
5 检验检疫有效性	(1) 抽样百分比
	(2) 检出率
	(3) 检疫处理措施的效果

表 2 桔小实蝇传入风险评估参数等级划分及其隶属度

Table 2 Grades of assessing parameters for introduction risk of *Bactrocera dorsalis* and their membership degree

评估因素 Assessing parameter	等级及隶属度 Grade and membership degree				
	无风险 No risk $v_1 = 0$	低风险 Low risk $0 < v_2 < 0.25$	中等风险 Medium risk $0.25 \leqslant v_3 < 0.5$	高风险 High risk $0.5 \leqslant v_4 < 0.75$	极高风险 Highly risk $0.75 \leqslant v_5 \leqslant 1$
进口水果种类 Species of import fruits	不嗜好种类	选择性嗜好种类	一般嗜好种类	嗜好种类	极嗜好种类
进口水果数量 Volume of import fruits	批次极少	批次少 (1 ~ 500 批次)	批次较多 (501 ~ 3 000 批次)	批次多 (3 001 ~ 5 000)	批次极多 (5 000 批次以上)
原产地虫害发生程度 Occurrence degree in production area	轻发生	发生中偏轻	发生中等	发生中偏重	发生重
原产地防治效果(%) Control efficacy in production area	100	91 ~ 99	51 ~ 90	20 ~ 50	< 20
水果装运前处理效果(%) Disinfestation before shipping	100	91 ~ 99	51 ~ 90	20 ~ 50	< 20
水果运输期的长短 Shipping period	长 (大大超过发育期)	较长 (超过发育期)	中 (等于发育期)	较短 (短于发育期)	短 (大大短于发育期)
水果运输条件 Condition of shipping	很差 (完全不适合桔小实蝇存活)	差 (基本不适合桔小实蝇存活)	中 (比较适合桔小实蝇存活)	良 (适合桔小实蝇存活)	优 (最适合桔小实蝇存活)
运输途中极端限制因子出现情况 Limiting factor occurrence during shipping	自始至终出现	出现时间较长	出现时间较短	出现时间短	自始至终没有出现
抽样百分比(%) Percentage of sampling	100	2.1 ~ 99	1.6 ~ 2	1 ~ 1.5	< 1
检出率(%) Injury rate in checked samples	0	1 ~ 10	11 ~ 30	31 ~ 80	81 ~ 100
检疫处理措施的效果(%) Effects of quarantine treatment	100	91 ~ 99	51 ~ 90	20 ~ 50	< 20

2.3　权重指标及其权重确定

本文应用权重分析法(吴望名等,1985；许树柏,1988)计算不同指标所占的权重。先通过两两比较得到各指标的相对优先度 $f_{uj}(u_i)$ 和 $f_{ui}(u_j)$,令 $t_{ij} = f_{uj}(u_i) / f_{ui}(u_j)$,构造矩阵 $T = (t_{ij})$ 作为权重矩阵 M 的一个估计矩阵,然后用下面公式确定判断矩阵 M 每一行指标的排序。

计算判断矩阵每行判断值的乘积：

$$M_i = \prod_{j=1}^{n} t_{ij} \quad (i = 1,2,\cdots,n; j = 1,2,\cdots,n)$$

$$W_i = (M_i)^{1/n}$$

$$W = W_i / \sum_{i=1}^{n} W_i$$

计算结果列于表 3 ~ 6。

表 3　一级指标的判断矩阵及权重

Table 3　Judging matrix for the primary parameters and their weights

	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	权重 Weight
U_1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	0.0329
U_2	3	1	1/3	1/5	1/7	0.0636
U_3	5	3	1	1/3	1/5	0.1295
U_4	7	5	3	1	1/3	0.2637
U_5	9	7	5	3	1	0.5098

U_1：进口水果种类 Species of imported fruit；U_2：进口水果数量 Volume of imported fruit；U_3：进口水果的虫害率 Infestation rate of imported fruit；U_4：运输途中桔小实蝇存活率 Survival rate of flies during shipping；U_5：检验检疫有效性 Efficacy of quarantine；$CR = 0.05 < 0.1$ 满足一致性检验 Meeting the requirement of examining ordinal consistency of judgment matrix.

表 4　进口水果虫害率二级指标判断矩阵及权重

Table 4　Judging matrix for the secondary parameters concering the injury rate and their weights

U_3-P_{3j}	P_{31}	P_{32}	P_{33}	权重 Weight
P_{31}	1	1/3	1/5	0.0915
P_{32}	3	1	1/7	0.1702
P_{33}	5	7	1	0.7383

P_{31}：原产地发生情况 Occurrence in original production area；P_{32}：原产地防治情况 Control in original production area；P_{33}：装运前处理 Disinfestation treatment before shipping；$CR = 0.09 < 0.1$ 满足一致性检验 Meeting the requirement of examining ordinal consistency of judgment matrix.

表 5　运输途中桔小实蝇存活率二级指标判断矩阵及权重

Table 5　Judging matrix for the secondary parameters concerning the survival rate and their weights

U_3-P_{4j}	P_{41}	P_{42}	P_{43}	权重 Weight
P_{41}	1	1/3	1/5	0.1047
P_{42}	3	1	1/3	0.2583
P_{43}	5	3	1	0.6370

P_{41}：运输期 Shipping period；P_{42}：运输条件 Conditions during shipping；P_{43}：极端限制因素 Limiting factor during shipping；$CR = 0.03 < 0.1$ 满足一致性检验 Meeting the requirement of examining ordinal consistency of judgment matrix.

表 6　检验检疫有效性二级指标判断矩阵及权重

Table 6　Judging matrix of the secondary parameters concerning quarantine treatment and their weights

U_3-P_{5j}	P_{51}	P_{52}	P_{53}	权重 Weight
P_{51}	1	1/3	1/5	0.0972
P_{52}	3	1	1/5	0.2021
P_{53}	5	5	1	0.7007

P_{51}：抽样百分比 Sampling percentage；P_{52}：检出率 Injury rate in checking sample；P_{53}：检疫处理效果 Effects of quarantine treatment；$CR = 0.08 < 0.1$ 满足一致性检验 Meeting the requirement of examining ordinal consistency of judgment matrix.

2.4　评估模型

由于桔小实蝇传入风险评估选择 5 个一级评估指标,每个指标有 5 个评估等级,因此评判矩阵是一个 5×5 的模糊矩阵：

$$R = (r_{ij}),\ i = 1,2,\cdots,5; j = 1,2,\cdots,5。$$

从表 3 中已知各评估指标的权重,记成模糊向量的形式：$W = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)^T$,于是得：

$$V = UW = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)^T.$$

上式采用(·,+)算子,因为它不仅考虑了所有因素的影响,而且保留了单因素的全部信息。

由于存在两级指标,因此本研究的评估模型是二层次的综合评估模型,它要首先把二级指标的值计算出来：

$$u_3 = p_3 r_3 = (p_{31}, p_{32}, p_{33})(r_{31}, r_{32}, r_{33})^T,$$

$$u_4 = p_4 r_4 = (p_{41}, p_{42}, p_{43})(r_{41}, r_{42}, r_{43})^T,$$

$$u_5 = p_5 r_5 = (p_{51}, p_{52}, p_{53})(r_{51}, r_{52}, r_{53})^T.$$

r_{ij} 分别指表 4 ~ 6 中相应指标的权重,p_{ij} 分别指表 4 ~ 6 中相应指标的实测值。

通过上述两级评估计算,可以得出桔小实蝇随进口水果而带来的入侵风险值。根据入侵生物的潜在危险性以及前人(范京安和赵学谦,1997)的指标,本文把综合评估值在 0.25 ~ 0.49 之间的列为中等水平的入侵风险,在 0.5 ~ 0.75 之间的列为有较高的入侵风险,大于 0.75 的列为有极高的入侵风险。

3　模拟评估结果

为了验证上述模型的应用性,本文从每种评估因素中选择 3 种情形进行组合模拟评估,其结果列于表 7。结果显示,进口水果装运前的杀虫处理和水果到岸时的检疫处理对风险值的影响很大,进口水果数量以及运输途中是否出现极端限制因子也明显影响风险值的高低。

表 7 评估因素不同情形组合模拟评估结果

Table 7 Simulation results for different assessing parameter combination

因素组合 Parameter combination	进口水果种类 Species of imported fruit	进口水果数量 Volume of imported fruit	原产地发生 Occurrence in production area	原产地防治 Control in production area (%)	装运前处理 Treatment before export (%)	运输期 Shipping period	运输条件 Shipping condition	极端因子出现情况 Limiting factor occurrence	抽样百分比 Sampling percentage (%)	检出率 Injury rate in checking sample (%)	检疫处理 Quarantine treatment (%)	风险评估值 Estimated risk value
1	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4607
2	比较嗜好 Less favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4525
3	选择嗜好 Selective favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4443
4	嗜好 Favorite	很多 Very large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4926
5	嗜好 Favorite	少量 Small	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4448
6	嗜好 Favorite	较多 Large	中偏轻 Less medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4578
7	嗜好 Favorite	较多 Large	严重 Heavy	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4667
8	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	70~80	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4663
9	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	91~99	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4552
10	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	70~80	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.5086
11	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	81~90	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4847
12	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较长 Long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4469
13	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	短 Short	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4677
14	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	中 Average	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4437
15	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	差 Poor	较短 Not long	1.6~2	11~30	91~99	0.4267
16	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较长 Long	1.6~2	11~30	91~99	0.3767
17	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	没有 None	1.6~2	11~30	91~99	0.5027
18	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1~1.5	11~30	91~99	0.4731
19	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	<1%	11~30	91~99	0.4855
20	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	1~10	91~99	0.4350
21	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	31~50	91~99	0.4865
22	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	81~90	0.5501
23	嗜好 Favorite	较多 Large	中等 Medium	81~90	91~99	较短 Not long	良 Good	较短 Not long	1.6~2	11~30	70~80	0.6394

4 讨论

4.1 进口水果种类对桔小实蝇传入风险的影响

桔小实蝇寄主有 250 多种，可分为最嗜好、比较嗜好、选择性嗜好三类，非寄主水果分为次嗜好（在没有嗜好寄主条件下被迫取食）和完全不嗜好两类。最嗜好的 12 种寄主的嗜好顺序如下：番石榴 *Psidium guajava* L.、杨桃 *Averrhoa carambola* L.、芒果 *Mangifera indica* L.、番荔枝 *Annona squamosa* L.、番橄榄 *Canarium pimela* Leenh、黄皮 *Clausena lansium*（Lour.）Sk.、枇杷 *Eriobotrya japonica*（Thumb.）Lindl.、人心果 *Manilkara zapota*（L.）van Royen、莲雾 *Syzygium samaragense*（Blue）Merr. & Perry、油梨 *Butyrospermum parkii*（Don）Kotschy、橙 *Citrus sinensis*（L.）Osb.和柑桔 *Citrus reticulate* Bl.（张清源，1998）。桔小实蝇成虫在嗜好品种上产卵最多，存活率也高（Kalia and Srivastava，1992），因此桔小实蝇随嗜好水果传入的风险也高。用最嗜好、比较嗜好、选择性嗜好等 3 类进口水果模拟分析结果显示：桔小实蝇随嗜好水果的传入风险高于选择性嗜好的水果大约 2 个百分点。

4.2 进口水果数量对桔小实蝇传入风险的影响

随着对外贸易的发展，每年输入我国的大批量水果为桔小实蝇的传入提供了极其重要的机会。据统计，2001～2003 年，深圳口岸截获桔小实蝇的水果 1 934 批次，其中黄皮 403 批、番石榴 286 批、番荔枝 272 批次、龙眼 101 批、莲雾 176 批、芒果 107 批、杨桃 61 批次、香蕉 28 批和火龙果 20 批。进口水果批次越多，桔小实蝇传入的机会就越大。模拟结果显示进口批次多的传入风险比进口批次少的约高 5 个百分点（表 7）。

4.3 进口水果虫害率对传入风险的影响

根据深圳动植物检验检疫局的报道，进口水果传带桔小实蝇的机率非常高，经常检出的水果有香蕉、黄皮、番石榴、番荔枝、龙眼、莲雾、芒果、杨桃和火龙果。据统计，龙眼的检出率为 19.83%～41.23%，平均每箱龙眼有虫果 1 粒，一箱 10 公斤的龙眼约 1 200～1 300 粒，带虫率为 0.07%～0.08%（陈志麟等，1997）。进口水果虫害率主要受原产地的发生程度、原产地防治情况和装运前的处理效果所影响，而后者的影响又相对高一点。模拟分析表明，装运前的处理效果为 70%～80% 的传入风险比 91% 的高 5%（表 7）。

4.4 运输途中桔小实蝇存活率对传入风险的影响

桔小实蝇在羽化前至少存活 3～4 个星期，每星期的自然死亡率为 20%，运输期长，自然死亡率会相对高。低温冷藏运输，桔小实蝇发育受抑制，到达口岸时的存活虫数与装运前大致相等，即存活率高。如果运输途中遇到极端情况，例如电力供应不足影响储藏，死亡率会增加。相对而言，运输途中极端限制因子的出现与否以及出现时间的长短对桔小实蝇的存活率影响最大。本文用‘没有出现’、‘出现时间较短’和‘出现时间较长’三种情况进行模拟，结果表明三者的风险值分别为 0.5027、0.4677 和 0.3767（表 7）。

4.5 检验检疫有效性对桔小实蝇传入风险的影响

研究表明：溴甲烷熏蒸芒果，在 29°C 条件下用药 35 g/m^3 处理 3 h 或用药 30 g/m^3 处理 3.5 h 能 100% 杀死果内实蝇幼虫；地下热水 46°C 处理芒果 60 min，能 100% 杀死实蝇幼虫；用 1 kGy 的钴 60 辐射实蝇成虫和用 1.5 kGy 处理幼虫和卵，死亡率为 100%；微波炉内处理 50 s 能 100% 杀死幼虫和卵（蒋小龙等，2002）。

检验检疫有效性受抽样百分比、检出率和检疫措施的处理效果所影响，其中检疫措施处理效果的影响最大。分析结果显示：70%～80%、81%～90% 和 91% 以上的检疫处理效果的风险值分别为 0.6394、0.5501 和 0.4865（表 7）。

4.6 关于风险等级的划分

有学者提出综合评估值在 0.500～0.700 之间的可认为具有入侵风险性，在 0.7001～0.8000 之间的认为有较高的入侵风险，大于 0.8000 的可认为具有极高的入侵风险（范京安和赵学谦，1997）。本文认为上述指标有点偏宽，因此建议修改为 0.25～0.49 之间的可认为有中等水平的入侵风险，在 0.50～0.75 之间的可认为有较高的入侵风险，大于 0.75 的可认为有极高的入侵风险。

参 考 文 献（References）

Chen ZL，Fang PZ，Mai RS，1997. Study on the quarantine technique of *Bactrocera dorsalis* Hendel from imported longyan fruits. *Plant Quarantine*，11（3）：158－159.［陈志麟，方普治，麦瑞生，1997. 进口龙眼检出桔小实蝇的技术研究.植物检疫，11（3）：158－159］

EPPO，1997. Guidelines on pest risk analysis-pest risk assessment scheme. *EPPO Bull*.，27：281－305.

Fan JA，Zhao XQ，1997. A study on risk assessment system and method of agricultural exotic pests. *Plant Quarantine*，11（2）：75－81.［范京安，赵学谦，1997. 农作物外来有害生物风险评估体系与方法研

究.植物检疫,11(2):75-81]

Jiang Q, Liang YB, Wang NY, Yao WG, 1994. Preliminary development of pest risk assessment scheme. *Plant Quarantine*, 8(6):331-334.[**蒋青,梁忆冰,王乃杨,姚文国**,1994.**有害生物危险性评价指标体系的初步确立.植物检疫**,8(6):331-334]

Jiang XL, Ren LQ, Xiao X, Yang HL, Cun DY, Wang LW, 2002. Study on the quarantine treatment of *Bactrocera dorsalis* Hendel. *Journal of Southwest Agricultural University*, 24(4):303-306.[**蒋小龙,任丽卿,肖区,杨洪录,寸东义,王龙云**,2002.**桔小实蝇检疫处理技术研究.西南农业大学学报**,24(4):303-306]

Kalia V, Srivastav ML, 1992. Ovipositional behaviour and development of the oriental fruit fly *Dacus* (*Strumeta*) *dorsalis* Hendel on development stages of mango fruit. *Bulletin of Entomology in New Delhi*, 33(1-2): 88-93.

Yamamura K, Katsumata H, 1999. Estimation of the probability of insect pest introduction through imported commodities. *Res. Popul. Ecol.*, 41:275-282.

Yamamura K, Katsumata H, Watanabe T, 2001. Estimating invasion probabilities: a case study of fire blight disease and the importation of apple fruits. *Biological Invasions*, 3:373-378.

Wu WM, Chen YY, Huang JL, Chen TY, Zhou KQ, Yu KY, 1985. Applying Method of Fuzzy Set. Beijing: Beijing Normal University Press.[**吴望名,陈永义,黄金丽,陈图云,邹开其,余康元**,1985.**应用模糊集方法.北京:北京师范大学出版社**]

Xu SB, 1988. Principle of the Hierarchy Process. Tianjin: Tianjin University Press.[**许树柏**,1988.**层次分析法原理.天津:天津大学出版社**]

Zhang QY, 1998. Biological characteristics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Entomology of East China*, 7(2):65-68.[**张清源**,1998.**桔小实蝇生物学特性.华东昆虫学报**,7(2):65-68]

(责任编辑:袁德成)